

② BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

② **Patentschrift**  
③ DE 3530683 C2

④ Int. Cl. 4:  
**F23D 17/00**

F 23 D 1/00  
F 23 D 11/36  
F 23 L 1/00  
F 27 B 7/36

⑤ Aktenzeichen: P 35 30 683.1-13  
⑥ Anmeldestag: 28. 8. 85  
⑦ Offenlegungstag: 12. 3. 87  
⑧ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 22. 6. 89

DE 3530683 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑨ Patentinhaber:

Pillard Feuerungen GmbH, 6204 Taunusstein, DE;  
Heidelberger Zement AG, 6900 Heidelberg, DE

⑩ Vertreter:

Weber, D., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Seiffert, K.,  
Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 6200 Wiesbaden

⑪ Erfinder:

Xeßar, Horst, Dipl.-Ing., 6908 Leimen, DE; Schubert,  
Peter, 6083 Fürthheim, DE

⑫ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
In Betracht gezogene Druckschriften:

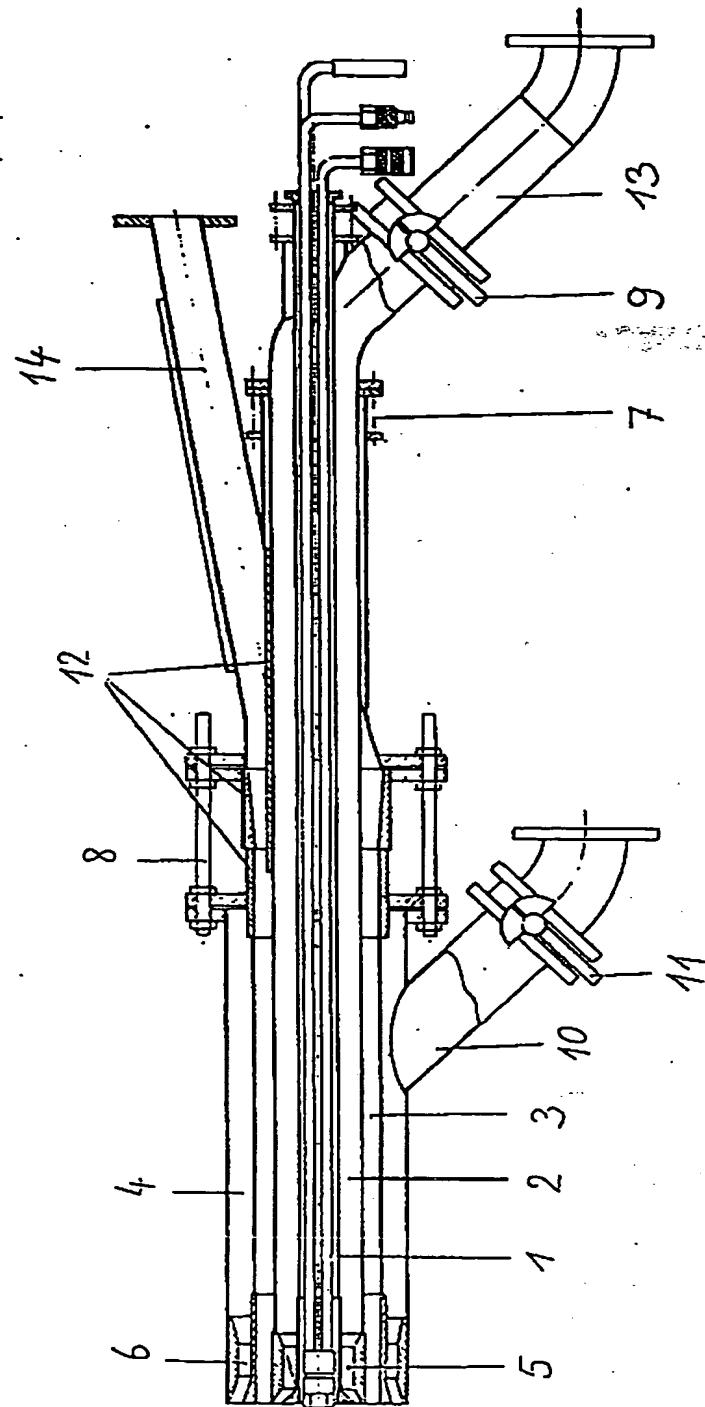
DE 29 05 746 A1  
DE-Z.: »Energie«, Jahrg. 37, Nr. 3 März 1985, S. 54-57;

⑬ Verfahren zur Behelzung eines Drehrohrofens und Brenner zu dessen Durchführung

DE 3530683 C2

ZEICHNUNGEN BLATT 1

Nummer: 55 30 683  
Int. Cl. 4;  
Veröffentlichungstag: 22. Juni 1989  
F 23 D 17/00



808 125/281

Best Available Copy

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beheizung eines Drehrohröfens, bei dem ein flammenformendes sauerstoffhaltiges Primärgas durch einen Brenner zugeführt wird, während der Hauptteil des für die Verbrennung des Brennstoffes erforderlichen Sauerstoffs in Form von Sekundär Luft außerhalb des Brenners in den Drehrohröfen eingeführt wird, wobei 3 bis 25 Vol-%, bezogen auf die Gesamtmenge von Primärgas und Sekundär Luft, das Primärgas ausmachen. Auch betrifft die Erfindung einen Brenner zur Durchführung dieses Verfahrens.

Drehrohröfen werden üblicherweise zur thermischen Behandlung mineralischer Rohstoffe, wie zur Herstellung von Zement oder Kalk oder zur Röstung von Eisenerzen verwendet und bestehen aus einem zum Brenner hin geneigten rotierenden Brennraum, dem die thermisch zu behandelnden mineralischen Rohstoffe am höhengelegenen Ende zugeführt werden. Am tiefergelegenen Ende des Brennraumes ragt der Brenner in sie hinein. Die Abgase der Verbrennung durchstreichen den Brennraum und treten am höhengelegenen Ende aus, wo sie gewöhnlich über einen Wärmetauscher und einen nachgeschalteten Entstauber an die Atmosphäre abgeführt werden.

Typisch für Drehrohröfen ist es, daß nur ein kleiner Teil der für die Verbrennung des Brennstoffes erforderlichen Luft, üblicherweise etwa 10%, durch den Brenner als Primär Luft geführt wird, um der Flammenbildung zu dienen, während der Hauptteil der für die Verbrennung erforderlichen Luft, gewöhnlich in der Größenordnung von 90%, als Sekundär Luft mit meist hoher Temperatur (600–1000°C) im Brennraum, aber außerhalb des Brenners in den Drehrohröfen eingeführt wird.

Es ist bekannt, daß bei der Verbrennung im Brennstoff enthaltene Stickstoffverbindungen zu Stickoxiden NO<sub>x</sub> verbrannt werden und daß außerdem ein Teil des Stickstoffes der zugeführten Verbrennungsluft thermisch ebenfalls zu Stickoxiden NO<sub>x</sub> oxidiert wird.

Zunehmend wachsende Erkenntnisse über die Schädlichkeit von Stickoxiden zwingen dazu, auch bei Drehrohröfen die NO<sub>x</sub>-Emission herabzusetzen. Insbesondere bei Zementbrennöfen entstehen bei der dort aus Qualitätsgründen erforderlichen und nur wenig verländbaren Fahrweise mit hohen Verbrennungstemperaturen und Luftüberschuß relativ hohe NO<sub>x</sub>-Emissionen, insbesondere durch thermisches NO<sub>x</sub>.

Katalytische Verfahren zur NO<sub>x</sub>-Minderung sind bei Zementöfen bisher noch nicht bekannt bzw. erprobt. Eine deutliche NO<sub>x</sub>-Minderung ist daher zur Zeit nur mit bestimmten Bauarten und Verfahren von Zementanlagen möglich. Bei diesen Anlagen wird ein Teil des Brennstoffes in einem sogenannten Vorkalzinationsbrennraum, der zwischen dem Drehrohr und dem Wärmetauscher angeordnet ist, unter bestimmten definierten Bedingungen aufgegeben. Ein Umbau vorhandener Drehöfen auf dieses Verfahren ist entweder gar nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich.

Bei Kohlenstaubbrennern für Kesselfeuерungen ist es bekannt, zur Minderung der NO<sub>x</sub>-Emissionen diese Brenner als Stufenbrenner auszubilden (z.B. DE-Z "Energie" Jahrgang 37, Nr. 3 (1985), Seiten 54 bis 67). Dabei wird das Kohlenstaub-Luftgemisch über einen ringförmigen Querschnitt dem Feuerraum zugeführt. Im brennermündungsnahen Bereich wird eine unterschmetrische primäre Verbrennungszone geschaffen, der sich eine Verbrennungszone mit Luftüberschuß an-

schließt. Derartige Stufenbrenner lassen sich aber ausschließlich für stehende oder liegende Brennkammern, nicht jedoch für Drehrohröfen verwenden.

In obiger "Energie" findet sich auch ein allgemeiner Hinweis, daß durch Rauchgasrecirkulation in die Verbrennungsluft sich die NO<sub>x</sub>-Bildung vermindern läßt. Ein Hinweis auf die Verwendung eines Primärgases mit verminderter Sauerstoffgehalt läßt sich dieser Literaturstelle nicht entnehmen.

Schließlich beschreibt die DE-OS 29 05 746 einen gattungsgemäßem Brenner für Drehrohröfen, bei dem eine Flammenbildung mit einem Primärgas erfolgt. Als Primärgas wird dabei aber normale Luft verwendet, so daß keine Verminderung der NO<sub>x</sub>-Bildung erreicht wird.

Der der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht daher darin, ein gattungsgemäßes Verfahren und einen Brenner zu dessen Durchführung anzugeben, mit denen die NO<sub>x</sub>-Emissionen von Drehrohröfen aller Art einfach und billig herabgesetzt werden können, ohne die Funktionsweise und Leistung der Drehrohröfen einzuschränken.

Das erfindungsgemäß Verfahren mit den eingangs genannten Merkmalen ist dadurch gekennzeichnet, daß man das Primärgas mit einem Sauerstoffgehalt von 2 bis 15 Vol-% und einer Temperatur von 80 bis 350°C einführt.

Mit diesem Verfahren kann man die thermische NO<sub>x</sub>-Bildung im Brennraum erheblich reduzieren, so daß die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Drehrohröfens um 45% und mehr herabgesetzt werden können, wobei die Produktqualität und der Wärmeverbrauch unverändert bleiben. Dieses Ergebnis ist äußerst überraschend, da nur ein relativ kleiner Anteil des dem Drehrohröfen zugeführten Primärgases sauerstoffarm gehalten wird, während die Sekundär Luft, die einen Anteil von gewöhnlich mindestens 90% ausmacht, hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes unverändert in die Brennkammer eingeführt wird.

Es ist überraschend, daß die thermische NO<sub>x</sub>-Bildung vermindert wird, wenn das Primärgas dem Brenner mit höherer Temperatur als üblich zugeführt wird. Dies ist im erfindungsgemäß Verfahren von Bedeutung, da durch die höhere Temperatur des Primärgases dessen geringerer Sauerstoffgehalt kompensiert wird. Dies bedeutet, daß die Temperatur des Primärgases zweckmäßig umso höher ist, je niedriger sein Sauerstoffgehalt ist.

Günstige Sauerstoffgehalte des dem Brenner zugeführten Primärgases liegen bei 4 bis 10 Vol-%. Sauerstoffgehalte oberhalb 15% ergeben einen relativ geringen Effekt bei der Reduzierung der NO<sub>x</sub>-Emission.

Bevorzugte Temperaturen des dem Brenner zugeführten Primärgases liegen im Bereich von 140 bis 300°C. Ein mit 140 bis 160°C eingebrachtes Primärgas erwies sich als hervorragend wirksam, wenn der Sauerstoffgehalt in dem obigen Bereich lag.

Wenn man dem Brenner sauerstoffhaltiges Primärgas mit einem gegenüber Luft verminderten Sauerstoffgehalt zuführt, so kann man dieses Primärgas aus verschiedenen Quellen nehmen. Besonders zweckmäßig ist es, hierfür Abgase nach dem Drehrohröfen, Abgase nach einem diesem abgasseitig nachgeschalteten Wärmetauscher oder Zwischenrohr aus dem Wärmetauscher zu verwenden, und zwar als solche oder nach Vermischen untereinander oder mit normaler Luft. Die Verwendung der sonst in die Atmosphäre gehenden Abgase hat den Vorteil, daß ein verfahrensinternes Abfallprodukt für die Verbesserung des Verfahrens ausgenutzt wird, und daß der Wärmeinhalt dieser Abgase zur Erzielung des erwünschten Effektes bezüglich einer Herabsetzung der

# PS 35 30 683

3

NO<sub>x</sub>-Emissionen ausgenutzt wird.

So kann man für das dem Brenner zugeführte Primär- gas jene Abgase verwenden, die direkt hinter dem Wärmetauscher entnommen werden, welcher sich an das höherliegende Ende des Drehrohrofens anschließt. Solche Abgase haben beispielsweise einen Sauerstoffgehalt von etwa 4%.

Stattdessen können auch Abgase verwendet werden, die nach einer Trockungsanlage entnommen werden, die dem Wärmetauscher nachgeschaltet ist. Solche Abgase haben den Vorteil, daß sie bereits gereinigt sind, wenn sie nach dem Entstauber entnommen werden.

Bruchbar ist auch das Zwischengas, das man im Zusammenhang mit Drehrohröfen aus Rostvorwärmeröfen gewinnt.

Auch können als Primärgas für den Brenner separat erzeugte sauerstoffarme Abgase verwendet werden, die bei der Verbrennung von Brennstoff in separaten kleinen Brennern entstehen.

In jedem Fall ist es zweckmäßig, bei der Verwendung von Abgasen als Primärgas diese Abgase vor der Einführung in den Brenner zu entstauben, um ein eventuelles Verstopfen der Brennerdüsen zu vermeiden, oder zu kühlen.

Es kann zweckmäßig sein, als Trigergas für teilchenförmigen Brennstoff ein solches mit gegenüber Luft geringeren Sauerstoffgehalt zuzuführen. Auch ein beim Einsatz von flüssigem Brennstoff als Haupt- oder Stütz- brennstoff eventuell erforderliches Zerstäubungsmittel ist zweckmäßig gegenüber Luft sauerstoffärmer oder sauerstofffrei, wie Wasserdampf. Auch kann das Primärgas und Trigergas mit unterschiedlicher Temperatur eingesetzt werden.

Besonders zweckmäßig ist die Anwendung des Verfahrens in Verbindung mit Kohlenstaubbrennern, die heute allgemein in Verbindung mit Drehrohröfen verwendet werden.

Die Erfindung betrifft auch einen Brenner zur Durchführung des erfundungsgemüßen Verfahrens. Dieser Brenner besitzt bekanntmaßen konzentrisch angeordnete, zwischen sich Kanäle mit ringförmigem Querschnitt bildende Rohre, eine Primärgaszuführung und stromab einen Drallkörper in Verbindung mit einem inneren dieser Kanäle, eine Brennstoffzuführung an einem weiter außen liegenden dieser Kanäle und eine Primärgaszuführung an einem noch weiter außen liegenden dieser Kanäle. Um einen solchen Brenner im erfundungsgemüßen Verfahren zu benutzen, ist erfundungsgemäß der Querschnitt jedes Primärgas führenden Kanals des Brenners mindestens etwa 1,2 mal, vorzugsweise mindestens etwa 1,3 mal, besonders mindestens etwa 1,4 mal, größer als derjenige Querschnitt, der zur Flammenformung mit dem Primärgas mit einer Temperatur von 20°C erforderlich ist.

Nach oben ergibt sich eine Begrenzung der Querschnittsfläche nur durch konstruktive Beschränkungen, da die Brennergröße nicht unbegrenzt sein kann. Es überrascht aber, daß bereits eine Querschnittsvergrößerung der Primärgas führenden Kanäle um den angegebenen Mindestwert zu einer einwandfreien Durchführbarkeit des erfundungsgemüßen Verfahrens führt und eine ausgezeichnete Flammenformung ergibt.

Zweckmäßig sind die Primärgaszuführungen getrennt.

In der Zeichnung ist ein senkrechter Schmitt durch einen für das erfundungsgemüße Verfahren verwendbaren Brenner mit zwei Kanälen für die Zuführung des Primärgases, einem Kanal für partikel förmigen Brenn-

4

stoff mit Trägerluft bzw. -gas und einem Düsenstock zur Zuführung von flüssigem oder gasförmigem Brennstoff gezeigt.

Im innersten Mantelrohr 1 befindet sich der Düsenstock als Zuführung für flüssigen oder gasförmigen Brennstoff für den Anfahrbetrieb und bei Verbrennung besonders geringwertiger fester Brennstoffe als Stützflamme. Dieses innere Mantelrohr ist zwischen der als Düsenstock dargestellten zentralen Zuführung und dem ersten Zuführrohr konzentrisch angeordnet, welches den ringförmigen inneren Kanal 2 umgibt. Durch diesen konzentrischen Kanal 2 strömt reine Luft oder Inertgas oder ein Gemisch aus beiden als Primärgas zur Erzeugung einer Divergenz- und Rotationskomponente über den Drallkörper 3 aus, der durch Einstellvorrichtungen 7 betätigt wird.

Radial nach außen wird im nächsten konzentrischen Kanal 3 das Kohlenstaub-Trägerluft- oder Trigergas-Gemisch mit niedrigstmöglicher Geschwindigkeit über die Brennstoffzuführung 14 zugeführt. Es strömt ohne jeden Einbau am Austritt axial oder, bei weniger verschleibenden Brennstoffen, über einen Divergenzkörper aus.

Im Außenkanal 4 strömt reine Luft oder Inertgas oder ein Gemisch aus beiden als Primärgas, die über die Primärgaszuführung 10 eingeführt werden und über Axialkörper austreten oder gegebenenfalls mit einem Auslaß 6 für leicht divergente Ausströmung in den Ofen geführt werden, der durch Einstellvorrichtungen 8 betätigt wird.

Durch den mittleren Kohlenstaubkanal 3 vermeidet man mit Vorteil tote Ecken und damit Schweißbrand. Die einzernen Volumenströme des Primärgases werden im inneren Kanal 2 für Divergenz und Rotation über die Einstellvorrichtungen 7, im äußeren Kanal 4 für Axialstrom mit schwacher Divergenz über die Verstellvorrichtungen 8 geregelt und können unterschiedliche Mischungen aus Luft und Inertgas und unterschiedliche Temperaturen aufweisen. Dazu können beispielsweise die Kanäle 2 und 4 mit getrennten Primärgebläsen beliefert werden. Diese werden Gasgemische aus unterschiedlichen Quellen oder in unterschiedlicher Mischung zugeführt. Dem Kanal 2 wird Primärgas über die Primärgaszuführung 13 zugeführt.

Die Austrittsgeschwindigkeiten aus den Kanälen 2 und 4 werden für Divergenz und Rotation über die Verstellvorrichtung 9 und für Axialstrom und schwache Divergenz über die Verstellvorrichtung 11 eingestellt.

Im Eintrittsstutzen werden durch niedrige Geschwindigkeiten und minimale Umlenkung hohe Standzeiten der Verschleißeinbauten 12 erzielt, die wegen des geringen Trägerluftanteils klein bemessen und in kürzester Zeit ausgewechselt werden können.

Das Außenmantelrohr wird mit einer feuerfesten Ummantelung versehen und dient zugleich der Befestigung des Brenners im Brennerträger. Dadurch sind alle Einbauten in Betriebsposition des Brenners durch Einschubsysteme leicht auswechselbar. Auch die Verschleißeinbauten 12 sind leichter auswechselbar, so daß der Austausch nur minimale Unterbrechungen von wenigen Minuten hervorruft.

Da der Kanal 3 für Kohlenstaub-Trägerluft zwischen zwei Primärgaskanälen 2, 4 für z. B. Reinhalt liegt, kann für die pneumatische Förderung wahlweise anstelle der Trägerluft oder des Trägerluftinertgasmisches auch ein gasförmiger Hilfsbrennstoff eingesetzt werden, um beispielsweise die Zündung eines Brennstoffes mit besonders geringem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen und hohem Aschegehalt zu verbessern. Außerdem wird

durch diese Anordnung die Gefahr der Beschädigung des Außenmantelrohres oder der zentralen Zuführung der flüssigen oder gasförmigen Zündkomponente durch besonders abrasive Brennstoff beseitigt.

Weiterhin kann der gezeigte Brenner auch noch um ein oder zwei weitere Kanäle erweitert werden.

Um den Kanal 4 kann ein weiterer Kanal angeordnet werden, in welchen zur Kühlung Wasser oder Kaltluft geleitet werden, das zur Brennerspitze geführt und dann nach Erwärmung wieder zurückgeleitet wird, d. h. das Kühlmedium wird nicht in den Brennraum entlassen.

Wahlweise oder zusätzlich kann zwischen Kanal 1 und Kanal 2 oder zwischen Kanal 3 und 4 ein weiterer Kanal für die Förderung von partikel förmigem Brennstoff im Gemisch mit Luft bzw. Inertgas mit gleicher 15 oder unterschiedlicher O<sub>2</sub>-Konzentration, Temperatur bzw. Austrittsgeschwindigkeit eingebaut werden.

Durch eine geeignete Einstellung der Austrittsgeschwindigkeiten, -mengen, der einstellbaren Mischungen aus Inertgas und Luft sowie der wählbaren Temperaturen kann der Brenner hinsichtlich der Anforderungen an die NO<sub>x</sub>-Minderung und die Qualitäts- sowie wirtschaftlichen Belange optimiert werden.

## Beispiel

25

Mit einer 1000 t/d-Drehrohrofenanlage mit Zyklonvorwärmer zur Zementherstellung wurde unter Verwendung eines Brennstoffes bestehend aus 30% Braunkohle und 70% Petrokoks die Verminderung der NO<sub>x</sub>-Emissionen durch Verdünnung der dem Brenner zugeführten Primär Luft mit Ofenabgas untersucht.

Hierzu wurde direkt hinter dem Wärmetauscher entnommenes Abgas mit einem Restsauerstoffgehalt von etwa 4% (WT-Abgas) verwendet, und dieses hatte eine 35 Temperatur von ca. 330°C. Dieses Ofenabgas wurde mit Luft vermischt, so daß die Temperatur des Gasgemisches 150°C und der Sauerstoffgehalt des Gemisches von Primär Luft und Abgas 13 Vol.-% betrug.

Bei Zuführung eines solchen Gemisches zu dem Brenner als Primärgas stellte man fest, daß die Klinkerqualität und der Wärmeverbrauch unverändert blieben.

Der NO<sub>x</sub>-Gehalt im Abgas wurde jedoch bei dieser Verfahrensführung um ca. 20% gesenkt. Durch Optimierung der Verfahrensparameter läßt sich dieser Wert 45 noch mindestens verdoppeln.

## Patentansprüche

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man als Primärgas wahlweise Abgase nach dem Drehrohrofen, Abgase nach einem diesem abgasseitig nachgeschalteten Wärmetauscher, Zwischengas aus dem Wärmetauscher oder ein Gemisch derselben untereinander oder mit Luft zuführt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man als Primärgas Abgase eines anderen Brenners zuführt.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß man die Abgase vor dem Einführen in den Brenner entstaubt oder kühlt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß man beim Einsatz von teilkörnigem Brennstoff als Trägergas auch ein gegenüber Luft sauerstoffärmeres Trägergas einsetzt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß man beim Einsatz von flüssigem Brennstoff als Haupt- oder Stützstoff als Zerstäubungsmittel ein gegenüber Luft sauerstoffärmeres oder sauerstofffreies Gas verwendet.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß man das Primärgas und Trägergas mit unterschiedlicher Temperatur einsetzt.

10. Brenner zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit konzentrisch angeordneten, zwischen sich Kanäle (2, 3, 4) mit ringförmigem Querschnitt bildenden Rohren, mit einer Primärgazuführung (13) und stromab einem Drallkörper (5) in Verbindung mit einem inneren Kanal (2), mit einer Brennstoffzuführung (14) an einem weiter außen liegenden Kanal (3) und mit einer Primärgazuführung (10) an einem noch weiter außen liegenden Kanal (4), dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt jedes primärgasführenden Kanals (2, 4) mindestens etwa 1,2 mal größer als derjenige Querschnitt ist, der zur Flammenbildung mit dem Primärgas mit einer Temperatur von 20°C erforderlich ist.

11. Brenner nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Primärgazuführungen (10, 13) getrennt sind.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

1. Verfahren zur Beheizung eines Drehrohrofens, 50 bei dem ein flammenformendes sauerstoffhaltiges Primärgas durch einen Brenner zugeführt wird, während der Hauptteil des für die Verbrennung des Brennstoffes erforderlichen Sauerstoffs in Form von Sekundär Luft außerhalb des Brenners in den Drehrohrofen eingeführt wird, wobei 3 bis 25 Vol.-%, bezogen auf die Gesamtmenge von Primärgas und Sekundär Luft, das Primärgas ausmachen, dadurch gekennzeichnet, daß man das Primärgas mit einem Sauerstoffgehalt von 2 bis 15 Vol.-% und einer Temperatur von 80 bis 350°C einführt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man das Primärgas mit einem Sauerstoffgehalt von 4 bis 10 Vol.-% einführt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man das Primärgas mit einer Temperatur von 140 bis 300°C einführt.